

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-90601

(43)公開日 平成10年(1998) 4月10日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 2 B 15/20

G 0 2 B 15/20

13/18

13/18

G 0 3 B 5/00

G 0 3 B 5/00

J

17/00

17/00

Z

審査請求 未請求 請求項の数 4 F D (全 11 頁)

(21)出願番号

特願平8-265262

(22)出願日

平成 8 年(1996) 9月12日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 鈴木 憲三郎

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

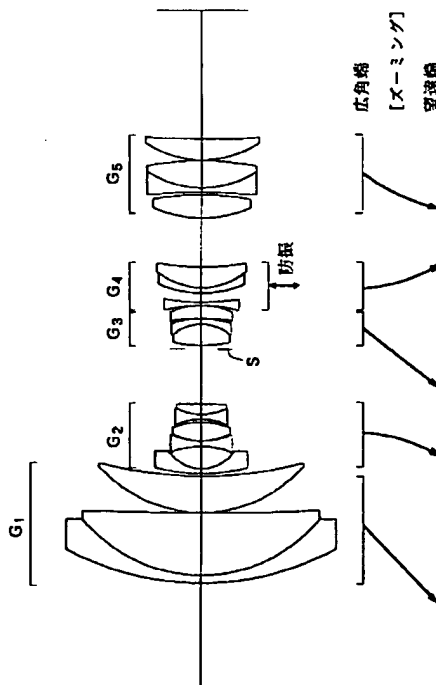
(74)代理人 弁理士 猪熊 克彦

(54)【発明の名称】 防振機能を備えたズームレンズ

(57)【要約】

【課題】明るく、広画角を有し、変倍比が高く、バックフォーカスが十分に長く、像側のテレセントリック性が十分に高い高性能な防振機能を備えたズームレンズを得る。

【解決手段】物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G₁と、負の屈折力を有する第2レンズ群G₂と、正の屈折力を有する第3レンズ群G₃と、負の屈折力を有する第4レンズ群G₄と、正の屈折力を有する第5レンズ群G₅とを備え、広角端での焦点距離が画面对角長よりも短いズームレンズにおいて、広角端から望遠端への変倍に際して、第1レンズ群G₁を物体側に移動し、かつ各レンズ群の間隔をいずれも変化させ、防振に際して、第4レンズ群G₄を光軸とほぼ直交する方向に移動することを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群 G_1 と、負の屈折力を有する第2レンズ群 G_2 と、正の屈折力を有する第3レンズ群 G_3 と、負の屈折力を有する第4レンズ群 G_4 と、正の屈折力を有する第5レンズ群 G_5 とを備え、広角端での焦点距離が画面对角長よりも短いズームレンズにおいて、広角端から望遠端への変倍に際して、前記第1レンズ群 G_1 を物体側に移動し、かつ前記各レンズ群の間隔をいずれも変化させ、

防振に際して、前記第4レンズ群 G_4 を光軸とほぼ直交する方向に移動することを特徴とする防振機能を備えたズームレンズ。

【請求項2】以下の各条件を満足する請求項1記載の防振機能を備えたズームレンズ。

$$\Delta S / |f_4| < 0.1 \quad (1)$$

$$0.3 < |f_4| / f_T < 1.5 \quad (2)$$

但し、 ΔS ：防振に際して移動する前記第4レンズ群 G_4 の光軸とほぼ直交する方向への最大変位量

f_4 ：前記第4レンズ群 G_4 の焦点距離

f_T ：望遠端での全系の焦点距離

である。

【請求項3】以下の条件を満足する請求項1又は2記載の防振機能を備えたズームレンズ。

$$1.5 < bf / f_W < 7.0 \quad (3)$$

但し、 bf ：広角端でのバックフォーカス

f_W ：広角端での全系の焦点距離

である。

【請求項4】以下の条件を満足する請求項1、2又は3記載の防振機能を備えたズームレンズ。

$$0.3 < f_5 / f_W < 5 \quad (4)$$

但し、 f_5 ：前記第5レンズ群 G_5 の焦点距離

f_W ：広角端での全系の焦点距離

である。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はズームレンズに関し、特に広画角を含む高変倍ズームレンズの防振技術に関する。

【0002】

【従来の技術】防振機能を備えたズームレンズとしては、特開平6-337375号公報、特開平6-123836号公報などに開示されたものがある。これらは、5群以上のレンズ群で構成されるズームレンズの第2レンズ群、第3レンズ群などを、防振のために光軸を横切って変位させるものであった。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上記各公報に記載されているズームレンズは主として望遠用のズームレンズであり、画角は広角端で30度よりも小さい

領域であった。さらに、実効Fナンバーが $F/4 \sim F/5.6$ 程度と暗いので、照明条件によっては絵柄が黒くて暗い被写体を撮影するには不十分である。これに対し、明るく、広角で、高変倍・高性能な防振光学系が、久しく求められていた。加えて、電子画像機器等に利用される光学系には、光学的ローパスフィルターや、3色分解フィルター、ミラー等をレンズ後方に配置することが多いため、十分に大きなバックフォーカスも求められてきた。さらに、シェーディングを少なくするために、画面周辺において充分な周辺光量を確保することができ、かつ、像側に十分にテレセントリックであることも求められていた。本発明は上記の問題点に鑑みてなされたものであり、明るく広画角を有し、変倍比が高く、バックフォーカスが十分に長く、像側のテレセントリック性が十分に高い高性能な防振機能を備えたズームレンズを得ることを課題とする。

【0004】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するため、本発明では、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群 G_1 と、負の屈折力を有する第2レンズ群 G_2 と、正の屈折力を有する第3レンズ群 G_3 と、負の屈折力を有する第4レンズ群 G_4 と、正の屈折力を有する第5レンズ群 G_5 とを備え、広角端での焦点距離が画面对角長よりも短いズームレンズにおいて、広角端から望遠端への変倍に際して、前記第1レンズ群 G_1 を物体側に移動し、かつ前記各レンズ群の間隔をいずれも変化させ、防振に際して、前記第4レンズ群 G_4 を光軸とほぼ直交する方向に移動することを特徴とする防振機能を備えたズームレンズとした。

【0005】本発明は、基本的には正の屈折力を持つ第1レンズ群 G_1 と、負の屈折力を持つ第2レンズ群 G_2 と、正または負の屈折力を持つ第3レンズ群 G_3 と、正の屈折力を持つ第4レンズ群 G_4 と、負の屈折力を持つ第5レンズ群 G_5 とから成る5群構成のズームレンズを採用している。以下に、このタイプのズームレンズの特徴及び利点について簡単に説明する。まず第1には、この5群構成という多群構成の特徴を充分に生かすことにより、結像性能に優れ、かつ高倍率化にも適用できるズームレンズを達成することができる。また、広角側で、レンズ群の間隔を狭めた配置を採ることが出来るため、広角側で全長が短いコンパクトな構成にすることが出来る。そして多群構成であることから、変倍時にレンズ群の動きかたの自由度が多く、中間焦点距離状態でも結像性能を良好に保つことが出来る。

【0006】さて、本発明ではこのようなズームタイプの従来から知られていた優れた特徴の他に、防振性能に優れていることと、広角側での焦点距離が画面对角長以下であるような広画角レンズが達成出来ることを見いだしたのである。次に、防振群の構成について述べると、まず、第1レンズ群 G_1 や第5レンズ群 G_5 は、大型のレ

レンズ群となりやすく、このようなレンズ群を防振群とすることは機構が大型化、複雑化するため、好ましくない。そして、第4レンズ群 G_4 のように全長や径が小さくて、変倍時の移動量の少ないレンズ群が、まず望ましいことがわかる。さらには、本発明では、このようなズームレンズのタイプにおいて、第4レンズ群 G_4 によって防振を行うことにより、優れた光学性能が得られることを見出して、本発明を完成した。ここで、本発明に係るズームレンズの防振機能の手法を説明すると、レンズ群またはその一部のレンズを防振変位手段によって光軸とはほぼ直交する方向に移動させることにより、カメラの揺れや振動に起因する結像状態の変動を補正する方式を採用している。

【0007】本発明においては、

ΔS ：防振に際して移動する第4レンズ群 G_4 の光軸とはほぼ直交する方向への最大変位量

f_4 ：第4レンズ群 G_4 の焦点距離

f_T ：望遠端での全系の焦点距離

とするとき、

$$\Delta S / |f_4| < 0.1 \quad (1)$$

$$0.3 < |f_4| / f_T < 1.5 \quad (2)$$

なる条件を満たすことが好ましい。

【0008】(1)式は、第4レンズ群 G_4 の光軸と直交する方向への最大変位量 ΔS を、第4レンズ群 G_4 の焦点距離 f_4 の大きさとの比で適切な範囲を定めたものである。条件式(1)の上限を越えると、第4レンズ群 G_4 の最大変位量 ΔS が大きくなりすぎ、その結果、防振時の収差変動量が大きくなり、不都合である。特に、像面上の周辺位置における、メリディオナル方向の最良像面とサジタル方向の最良像面の光軸方向の差が広がり、不都合である。また言うまでもなく、移動しなければ防振の作用は得られないのであるから、 ΔS は0よりも大きい($\Delta S > 0$)のである。条件式(1)の上限を0.06とすると、より良好な結果が得られる。

【0009】(2)式は、第4レンズ群 G_4 の焦点距離 f_4 を、望遠端での焦点距離 f_T の大きさとの比で適切な範囲を定めたものである。条件式(2)の上限を越えると、第4レンズ群 G_4 の焦点距離 f_4 が大きくなりすぎてしまい、バックフォーカスが小さくなりすぎ、十分なバックフォーカスが得られなくなってしまう、不都合が生ずる。また、防振のための移動量が大きくなりすぎてしまい、防振機構の構成上不都合である。条件式(2)の下限を越えると、第4レンズ群 G_4 の焦点距離 f_4 が小さくなりすぎてしまい、ベッツバル和が負側に大きく変位してしまい、像面湾曲が大きくなりすぎて不都合が生ずる。また、変倍時の諸収差の変動、特に球面収差の変動が大きくなりすぎて不都合である。条件式(2)の上限を0.8とすると、より良好な結果が得られる。

【0010】また本発明においては、

$b f$ ：広角端でのバックフォーカス

f_W ：広角端での全系の焦点距離

とするとき、

$$1.5 < b f / f_W < 7.0 \quad (3)$$

なる条件を満たすことが好ましい。(3)式は、広角端でのバックフォーカス $b f$ を、広角端での全系の焦点距離 f_W との比で、適正な条件範囲を示したものである。条件式(3)の上限を越えると、バックフォーカスが過度に大きくなりすぎ第4レンズ群 G_4 や第5レンズ群 G_5 のレンズ径が大きくなり、コンパクト化に向かない。また、変倍時のコマ収差や像面湾曲の変動が大となり、不都合である。条件式(3)の下限を越えると、バックフォーカスが過度に小さくなりすぎフィルターやミラーを置くスペースを確保することが困難となって不都合である。また、テレセントリックからはずれやすくなり、この点からも不都合である。さらには、望遠側の歪曲収差が正側に大きくなりやすく不都合である。条件式(3)の上限を4.0とし、下限を2.5とすると、より良好な結果が得られる。

【0011】また本発明においては、

f_5 ：第5レンズ群 G_5 の焦点距離

とするとき、

$$0.3 < f_5 / f_W < 5 \quad (4)$$

なる条件を満たすことが好ましい。(4)式は、第5レンズ群 G_5 の焦点距離 f_5 を、広角端での焦点距離 f_W の大きさとの比で適切な範囲を定めたものである。条件式(4)の上限を越えると、第5レンズ群 G_5 の変倍時の移動量が大きくなりすぎてしまい、不都合である。また、像面湾曲が正側に変移しやすくなり、不都合である。条件式(4)の下限を越えると、広角端と望遠端で球面収差が負方向に甚大となって、コマ収差も大きく発生し、不都合である。また、バックフォーカスが確保しづらくなってしまう。条件式(4)の上限を3とし、下限を2とすると、より良好な結果が得られる。

【0012】ここで、変倍時にズームレンズの各群が担う倍率について述べる。本発明では、広角側から望遠側への変倍に際して、第2レンズ群 G_2 と第5レンズ群 G_5 の結像倍率が、いずれも常に増大している構成とすることが可能である。このような構成は変倍の効率が良く、ズームレンズの構成上好ましい。より具体的には、第1レンズ群 G_1 と第5レンズ群 G_5 は、広角側から望遠側への変倍に際して、物体側に移動する形態が望ましい。従って、バックフォーカスは望遠端では広角端よりも長くなる。また、第3レンズ群 G_3 も、広角側から望遠側への変倍に際して、物体側に移動する形態が望ましい。

【0013】また、第1レンズ群 G_1 と第2レンズ群 G_2 の間隔と、第3レンズ群 G_3 と第4レンズ群 G_4 の間隔は、望遠端では広角端よりも広がっていることが望ましい。逆に、第2レンズ群 G_2 と第3レンズ群 G_3 の間隔と、第4レンズ群 G_4 と第5レンズ群 G_5 の間隔は、望遠端では広角端よりも狭まっていることが望ましい。

ズームレンズ全体を、このような構成とすることにより、変倍全域にわたり、像側にほぼテレセントリックとすることが出来る。

【0014】このとき、以下の条件式を満たすことが望ましい。

$$-3.0 < L_p / f_w < 3.0 \quad (5)$$

ここで、

L_p ：開口絞りSよりも像側の光学系の物側主点Hから開口絞りSまでの、広角端での光軸上の距離（但し、開口絞りSが物側主点Hよりも物側の場合、 L_p は負であり、逆の場合は正とする。）である。（5）式は、 L_p を広角端での焦点距離 f_w との比で適切な範囲を定めたものである。まず、条件式（5）の上限を越える場合も下限を越える場合も、テレセントリックからのはずれかたが大きくなって、シェーディングが起きやすくなり不都合である。また条件式（5）の上限を越えると、開口絞りよりも像側のレンズ径が大きくなりすぎて不都合である。また、広角端の非点隔差が大となり、広角端と望遠端で歪曲収差が負方向に大きくなりがちで、不都合である。条件式（5）の下限を越えると、バックフォーカスが確保しづらくなって不都合である。また、広角端と望遠端で球面収差が負方向に甚大となって、コマ収差も大きく発生し、不都合である。

【0015】また、各レンズ群のうち、何れかのレンズ群を変倍中固定とすることにより、ないしは、複数のレンズ群の変倍時の移動軌道を同一とすることにより、機構的に簡素な構造とすることが出来るので好都合である。特に、防振群としている第4レンズ群 G_4 を変倍中固定とすれば、防振機構を簡素化することが出来るので好都合である。

【0016】次に、変倍中も歪曲収差およびその変動の

$$-1.5 < (1/f_1 + 1/f_2) f_w < 0 \quad (6)$$

$$-0.5 < (1/f_4 + 1/f_5) f_w < 0.5 \quad (7)$$

ここで、

f_1 ：第1レンズ群 G_1 の焦点距離

f_2 ：第2レンズ群 G_2 の焦点距離

f_4 ：第4レンズ群 G_4 の焦点距離

f_5 ：第5レンズ群 G_5 の焦点距離

f_w ：広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離である。

【0019】条件式（6）は、前群を構成する各レンズ群の広角端における屈折力配分を規定している。条件式（6）の上限を上回ると、前群の屈折力が弱くなりすぎて、広角化に適しない。また、全系の屈折力の対称性のバランスが崩れ、レンズの形状に対して歪曲収差の補正の負担が増大するので好ましくない。逆に、条件式（6）の下限を下回ると、前群の屈折力が負方向に強くなり過ぎて、屈折力の対称性がより崩れ、歪曲収差の補正の負担が増大するので好ましくない。条件式（7）は、後群を構成する各レンズ群の広角端における屈折力

少ない光学系を得るには、本発明の基本構成のように、各レンズ群の屈折力配分が開口絞りに対してある程度の対称性を有する構成が不可欠である。歪曲収差の発生状況を解析するとき、ズームレンズ全体を3分割して考察することが望ましい。すなわち、開口絞りを含むレンズ群を中群とし、中群よりも物体側のレンズ群を前群とし、中群よりも像側のレンズ群を後群とする。この場合、前群および後群の各内部において、かなりの程度まで歪曲収差の補正が可能なような屈折力構成およびレンズ構成が必要である。前群および後群でそれぞれ補正することのできなかった歪曲収差成分、および前群と後群とで相殺することのできなかった歪曲収差成分については、中群が補正するように役割分担させる。

【0017】このようなレンズ構成を採用することによって、ズーミング（変倍）に伴って移動するレンズ群においても、歪曲収差の変動を少なくすることができる。一方、歪曲収差を非常に少なくするためには、前群の内部屈折力配分を物体側から順に正（ $1/f_1$ ）および負（ $1/f_2$ ）とし、後群の内部屈折力配分を物体側から順に負（ $1/f_4$ ）および正（ $1/f_5$ ）として、収差のキャンセルが可能なレンズ構成および屈折力配分とすることが不可欠である。このことは、3次収差において各レンズ群の寄与を調べることにより明解となる。なお、前群の内部屈折力配分を物体側から順に負（ $1/f_1$ ）および正（ $1/f_2$ ）とし、後群の内部屈折力配分を物体側から順に正（ $1/f_4$ ）および負（ $1/f_5$ ）としても、歪曲収差の補正に適したレンズ構成とすることが可能である。

【0018】また本発明では、以下の条件式（6）および（7）を満足することが好ましい。

配分を規定している。条件式（7）の上限を上回ると、後群の屈折力が弱くなり、屈折力が正の方向へ過大になってしまう。その結果、全系の屈折力の対称性のバランスが崩れ、レンズの形状に対して歪曲収差の補正の負担が増大するので好ましくない。逆に、条件式（7）の下限を下回ると、後群の屈折力が負方向に強くなり過ぎて、屈折力の対称性がより崩れ、歪曲収差の補正の負担が増大するので好ましくない。

【0020】さて、防振レンズ群を実際に構成するときには、以下の条件式を満たすことが望ましい。

$$0.3 < \phi / |f_4| < 1.2 \quad (8)$$

ここで、

ϕ ：防振レンズ群 G_4 の最も物体側の面の最大有効径である。

【0021】条件式（8）は、防振レンズ群のコンパクト性および明るさを確保するための望ましい範囲を示すものであり、広角端における第4レンズ群 G_4 の物体側

の面の最大有効径 ϕ と第4レンズ群 G_4 の焦点距離 f_4 との比について適切な範囲を規定している。条件式(8)の上限を上回ると、光学系が不必要に明るくなって光学系的大型化を招き、レンズ枚数も極端に増加するので好ましくない。また、第4レンズ群 G_4 の屈折力が強くなり過ぎて、球面収差を含む諸収差の補正が困難となるので好ましくない。逆に、条件式(8)の下限を下回ると、第4レンズ群 G_4 の屈折力が弱くなり過ぎて、変倍におけるレンズ群の移動量が大きくなる。その結果、隣接するレンズ群との干渉が起こり、充分な変倍比の確保が困難となり不都合である。また、暗い光学系となり、暗い被写体を撮影するときに照明が必要となる頻度が増すので望ましくない。ただし、照明をするときはこの限りではない。

【0022】また本発明では、さらに、次の条件式(9)、(10)を満足するのが望ましい。

$$2.0 < L_w / b f < 10.0 \quad (9)$$

$$2.0 < d / f_w < 10.0 \quad (10)$$

ここで、

L_w ：広角端でのレンズ全長(第1レンズ第1面から像面まで)

d ：第1レンズ群 G_1 の最も物体側のレンズ面の有効径(直径)

である。

【0023】条件式(9)は、広角端におけるレンズ全長 L_w と広角端のバックフォーカス $b f$ との比について適切な範囲を規定している。条件式(9)の上限を上回ると、広角端におけるレンズ全長 L_w が増大し、コンパクトなズームレンズを得るには好ましくない。また、前玉径の増大を招きやすくなる。さらには、主光線の下側光束のコマ収差の補正が困難となり好ましくない。逆に、条件式(9)の下限を下回ると、広角端におけるレンズ全長 L_w が小さくなりすぎてしまい、防振機構やズーム機構のための機構を収容するスペースが確保しづらくなり、不都合である。また、各レンズ群の屈折力(特に第1レンズ群 G_1 や第5レンズ群 G_5)の屈折力が強くなりすぎてしまい、球面収差、コマ収差等の諸収差の補正が困難となってしまう。

【0024】条件式(10)は、広角端における第1レンズ群 G_1 の物体側の面の最大有効径 d と広角端の焦点距離 f_w との比について適切な範囲を規定している。条件式(10)の上限を上回ると、光学系が不必要に明るくなって光学系的大型化を招き、好ましくない。また、第1レンズ群 G_1 で発生する球面収差を含む諸収差の補正が困難となるので好ましくない。逆に、条件式(10)の下限を下回ると、光学系に十分な明るさが確保出来なくなり、不都合である。また、絞りよりも後方の光学系の径が大きくなりがちで不都合である。さらには、光学系の射出瞳が像面から後方に変位しやすくなるため不都合である。

【0025】 y を最大像高とすると、

$$10.0 < L_w / y < 25.0 \quad (11)$$

を満たすことが好ましい。(11)式は広角端の全長(レンズ第1面から最終面までの長さ)を最大像高との比で、適正な条件範囲を示したものである。条件式(11)の上限を越えると、全長が過度に大きくなりすぎ、レンズ全体の重量が増加してしまうため不都合である。特に、第1群 G_1 や第5群 G_5 のレンズ径が大きくなり、コンパクト化に向かない。また、一定のフィルター径に納めようとする、周辺光量不足となりやすく不都合である。条件式(11)の下限を越えると、広角端の全長が過度に小さくなりすぎ、収差補正の自由度が足りなくなってしまう不都合が生じる。一般に諸収差の補正を良好に行うには、絞りの前後に、なるべく離れた距離まで数多くのレンズ面があることが好ましいのであるが、この場合は、各レンズ面が絞りに近づきすぎてしまうため、良好な補正が困難となってしまうのである。その結果、諸収差のうち、特にコマ収差の補正が十分でなくなるために、良好な結像性能を得ることが困難となってしまう。また、ベッツバール和が負側に大きく変位する傾向となり、不都合である。

【0026】なお本発明では、防振のために、第4レンズ群 G_4 を光軸とほぼ直交する方向に移動させる方法を述べているが、第4レンズ群 G_4 を光軸上または光軸近傍の所定の点を中心に巡回運動させても良い。つまり、防振時に、シフト成分以外にチルト成分を加えて駆動することにより、更に良好な防振光学性能が得られる。加えて、第4レンズ群 G_4 中の一部のレンズ群を偏心駆動させて、防振することも可能である。

【0027】本発明の各レンズ群の構成に関してさらに述べると、第1レンズ群 G_1 は、少なくとも1枚の貼り合わせレンズを有することが好ましい。また第2レンズ群 G_2 中の凹レンズに非球面を設けることが望ましい。これにより、広角化に関して有利であり、特に、最も物体側の面を非球面とすることが好ましい。このとき、非球面の形状は、光軸から離れるに従い屈折力が弱くなる形状が望ましい。第3レンズ群 G_3 は、少なくとも1枚の貼り合わせレンズを有することが好ましい。そして、第3レンズ群 G_3 の中に、ないしは第3レンズ群 G_3 の近傍に、開口絞りを有することが望ましい。フォーカシングの際には、この第3レンズ群 G_3 の全体を光軸方向に移動し、ないしは第3レンズ群 G_3 中の一部のレンズ群を光軸方向に移動すると、収差変動が小さく出来るため、好ましい。

【0028】防振レンズ群 G_4 は防振時を含む良好な光学性能のためには以下の様な構成が好ましい。防振レンズ群 G_4 は、少なくとも1枚の貼り合わせレンズを有していることが望ましく、十分な色消しのためには、貼り合わせ面でのアッペ数の差 Δv は、

$$10 < \Delta v$$

とすることが望ましい。なお、貼り合わせ面が複数の場合は、最も物側の貼り合わせ面について、上式を満たすことが望ましい。また、防振時の像面の平坦性を確保するには、広角端での焦点距離を1に規格化したときの防振群のベッツバール和Pは、

$$0.07 < |P| < 0.25$$

の範囲とすることが望ましい。また、第4レンズ群G₄中に貼り合わせレンズを含むときは、貼り合わせ面は物体側に凸であることが望ましい。また、防振時の諸収差の変動を抑えるには、最も像側の凹レンズの屈折率は1.65以上とすることが望ましい。さらには、第4レンズ群G₄は、物体側から両凹単レンズ、貼り合わせ面を物体側に向けた貼り合わせ凸レンズで構成することが好ましい。

【0029】第5レンズ群G₅は、少なくとも1枚の貼り合わせレンズを有することが好ましい。さらに、非球面を1面有することが好ましい。これにより、コマ収差や歪曲収差を良好に補正することが出来る。なお、本発明のズームレンズにさらに非球面レンズや屈折率分布型ガラスを用いたレンズを加えれば、より良好な光学性能が得られる。また第1レンズ群G₁内や第5レンズ群G₅内に、特殊低分散ガラスを用いると、色収差を低減することが出来るため好ましい。また最も像側のレンズ面の有効径(直径)をφ_Lとすると、

$$0.2 < \phi_L / f_w < 1$$

とすることが好ましい。上式の下限を越えると、十分なバックフォーカスとテレセン性の確保が困難となり、上限を越えると、レンズ径が過大となるばかりか、周辺光量が多すぎて不都合である。

【0030】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を添付図面に基いて説明する。図1と図4は、それぞれ本発明の第1実施例と第2実施例にかかるズームレンズのレンズ構成を示す図である。両実施例のズームレンズとも、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G₁と、

負の屈折力を有する第2レンズ群G₂と、正の屈折力を有する第3レンズ群G₃と、負の屈折力を有する第4レンズ群G₄と、正の屈折力を有する第5レンズ群G₅とからなる。また広角端での焦点距離f_wは、画面对角長よりも短い。広角端から望遠端への変倍は、第1レンズ群G₁を物体側に移動すると同時に、各レンズ群G₁～G₅の間隔をいずれも変化させることによって行っており、また防振補正は、第4レンズ群G₄を光軸とはほぼ直交する方向に移動することによって行っている。

【0031】以下の表1と表2に、それぞれ第1実施例と第2実施例の諸元を示す。各表の[レンズ諸元]中、Noは物体側からの各レンズ面の番号、rは各レンズ面の曲率半径、dは各レンズ面の間隔、νは各レンズのd線(λ=587.6nm)に対するアッペ数、n_d、n_gはそれぞれ各レンズのd線、g線(λ=435.8nm)に対する屈折率を表す。レンズ面番号に*印を付したレンズ面は非球面を示す。非球面レンズ面については、曲率半径rは頂点での曲率半径であり、また非球面の形状は次式で表される形状である。

$$x = \frac{y^2/r}{1 + \sqrt{1 - \kappa \cdot y^2/r^2}} + \sum C_n \cdot y^n$$

但し、x：レンズ面の頂点から測った光軸方向の距離

y：光軸からの高さ

r：レンズ面の頂点での曲率半径

κ：円錐定数

C_n：n次非球面係数

である。非球面レンズ面の円錐定数κと非球面係数C_nを[非球面データ]に示す。[非球面データ]中に示されていない非球面係数C_nはすべて0である。また以下の表3に、前記各条件式(1)～(10)に関連する諸値と、各条件式(1)～(10)の値とを示す。

【0032】

【表1】

[レンズ諸元]

No	r	d	ν	n _d	n _g
1	56.75393	1.50000	23.01	1.860741	1.910649
2	30.53078	12.00000	65.42	1.603001	1.614372
3	581.66352	0.05000			
4	27.22534	7.00000	53.93	1.713000	1.729417
5	79.36112	(d ₅)			
6*	35.37461	1.00000	39.82	1.869940	1.897730
7	8.11630	4.30000			
8	-15.97524	1.00000	45.37	1.796681	1.818801
9	15.00261	0.05000			
10	12.99487	3.70000	27.63	1.740771	1.776142
11	-14.39344	0.50000			
12	-12.68872	1.00000	45.37	1.796681	1.818801
13	12.49296	2.00000	30.04	1.698950	1.729431

14	-102.52249	(d ₁₄)			
15	(開口絞り)	0.70000			
16	28.36132	4.20000	53.48	1.547390	1.560219
17	-8.54370	1.00000	45.37	1.796681	1.818801
18	-21.02498	0.05000			
19	-42.20692	2.50000	64.10	1.516800	1.526703
20	-15.73708	(d ₂₀)			
21	-27.07482	0.60000	52.30	1.748099	1.765893
22	45.22850	1.80000			
23	23.06894	1.00000	49.45	1.772789	1.792324
24	14.00007	4.00000	35.51	1.595071	1.616844
25	57.44887	(d ₂₅)			
26	25.10379	4.50000	82.52	1.497820	1.505265
27	-53.71007	0.50000			
28	-106.88770	0.80000	27.63	1.740771	1.776142
29	19.87858	5.40000	67.87	1.593189	1.604034
30	-52.96740	0.10000			
31	20.64530	4.20000	60.23	1.518350	1.528997
32*	-289.88002	(b f)			

[非球面データ]

N o = 6	$\kappa = 1.0000$	$C_4 = -7.40550 \times 10^{-6}$	$C_6 = 3.84200 \times 10^{-7}$
		$C_8 = -4.25680 \times 10^{-9}$	$C_{10} = 9.61370 \times 10^{-12}$
N o = 32	$\kappa = 1.0000$	$C_4 = 3.47800 \times 10^{-5}$	$C_6 = 1.31740 \times 10^{-8}$
		$C_8 = -9.25880 \times 10^{-11}$	$C_{10} = 4.80680 \times 10^{-13}$

[可変間隔]

	広角端	望遠端
d ₅	0.46148	19.55296
d ₁₄	10.49817	1.18183
d ₂₀	0.04866	21.06623
d ₂₅	9.40014	0.80897
b f	24.94325	33.53441

[防振データ]

第4レンズ群G₄のシフト量: $\Delta S = 0.4$

像のシフト量 広角端: -0.29011
 望遠端: -0.39982

【0033】

【表2】

[レンズ諸元]

N o	r	d	ν	n _d	n _g
1	74.81416	1.00000	25.50	1.804581	1.846310
2	29.45523	10.00000	67.87	1.593189	1.604034
3	-534.67118	0.05000			
4	25.94147	6.50000	49.45	1.772789	1.792324
5	65.63110	(d ₅)			
6*	38.20395	1.20000	43.35	1.840421	1.864916
7	7.35622	4.00000			
8	-18.66041	0.60000	45.37	1.796681	1.818801
9	31.59350	0.05000			
10	18.60124	2.30000	27.63	1.740771	1.776142
11	-15.07465	0.50000			
12	-12.53932	0.60000	45.37	1.796681	1.818801

13	39.55098	1.25000	23.01	1.860741	1.910649
14	464.28780	(d_{14})			
15	894.53251	3.00000	58.54	1.612720	1.625709
16	-11.17685	1.00000	49.45	1.772789	1.792324
17	-26.51491	0.05398			
18	40.48327	2.00000	49.45	1.772789	1.792324
19	-33.17195	0.30000			
20	(開口絞り)	(d_{20})			
21	-21.75011	1.00000	53.93	1.713000	1.729417
22	26.87886	1.00000			
23	18.63513	0.80000	53.93	1.713000	1.729417
24	10.77543	3.50000	35.51	1.595071	1.616844
25	68.35273	(d_{25})			
26	31.23825	2.94718	53.93	1.713000	1.729417
27	-58.85261	0.10000			
28	238.58965	0.80000	25.50	1.804581	1.846310
29	13.05077	4.07683	67.87	1.593189	1.604034
30	267.55933	0.10000			
31	21.51999	3.85159	65.42	1.603001	1.614372
32*	-47.22155	(b f)			

[非球面データ]

No=6	$\kappa=1.0000$	$C_4=1.87560 \times 10^{-5}$	$C_6=1.28700 \times 10^{-7}$
		$C_8=-3.20110 \times 10^{-9}$	$C_{10}=1.41630 \times 10^{-11}$
No=32	$\kappa=2.0000$	$C_4=4.0254 \times 10^{-5}$	$C_6=-1.74630 \times 10^{-7}$
		$C_8=1.77290 \times 10^{-9}$	$C_{10}=-1.01870 \times 10^{-11}$

[可変間隔]

	広角端	望遠端
d_5	0.70000	19.99851
d_{14}	10.00001	1.00001
d_{20}	0.70000	13.79176
d_{25}	9.27228	1.50000
b f	20.99986	25.85952

[防振データ]

第4レンズ群 G_4 のシフト量: $\Delta S=0.7$

像のシフト量 広角端: -0.52889
 望遠端: -0.68206

【0034】

【表3】

実施例番号	1	2
ΔS	0.4	0.7
$b f$	24.943	21.000
f_1	7.800	7.800
f_2	52.500	52.500
f_3	43.325	42.294
f_4	-6.123	-6.570
f_5	21.530	17.416
f_6	-29.749	-24.700
f_7	20.857	18.165
L_1	2.664	-0.34524
ϕ	13.32	10.05
L_2	110.802	94.252
d	50.8	42.4
Δv	13.94	18.42
P	-0.13537	-0.16965
ϕ_1	19.4	15.78
Y	5.5	5.5
(1) $\Delta S / f_4 $	0.01345	0.0283
(2) $ f_4 / f_1$	0.5667	0.470
(3) $b f / f_1$	3.1978	2.692
(4) f_5 / f_1	2.6740	2.3288
(5) L_1 / f_1	0.3415	-0.04426
(6) $(1/f_3 + 1/f_2) f_1$	-1.094	-1.003
(7) $(1/f_4 + 1/f_5) f_1$	0.1118	0.1136
(8) $\phi / f_4 $	0.4477	0.4069
(9) $L_2 / b f$	4.442	4.488
(10) d / f_1	6.513	5.436
(11) L_2 / y	20.15	17.14

【0035】図2と図3に、それぞれ第1実施例の広角端と望遠端での球面収差、非点収差、歪曲収差、及び横収差を示す。横収差(A)は第4レンズ群 G_4 を光軸上に配置した状態を示し、横収差(B)は第4レンズ群 G_4 を光軸と直交する方向に ΔS だけ移動して防振補正を行った状態を示す。同様に図5と図6に、それぞれ第2

実施例の広角端と望遠端での諸収差を示す。各収差図において、 F_{No} はFナンバー、 Y は像高を表す。球面収差図中、破線は正弦条件違反量を示す。非点収差図中、実線 S はサジタル像面を示し、破線 M はメリディオナル像面を示す。各収差図から明らかなように、各実施例とも、各焦点距離状態において諸収差が良好に補正されていることがわかる。

【0036】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、広角を含み防振機能を備え、小型で且つ高性能高倍率で明るいズームレンズを提供することができる。さらには、十分なバックフォーカスとテレセントリック性の確保も出来る。また、焦点検出機能と組み合わせれば、オートフォーカスも可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例にかかるズームレンズの構成を示す図である。

【図2】第1実施例の広角状態における諸収差図である。

【図3】第1実施例の望遠状態における諸収差図である。

【図4】本発明の第2実施例にかかるズームレンズの構成を示す図である。

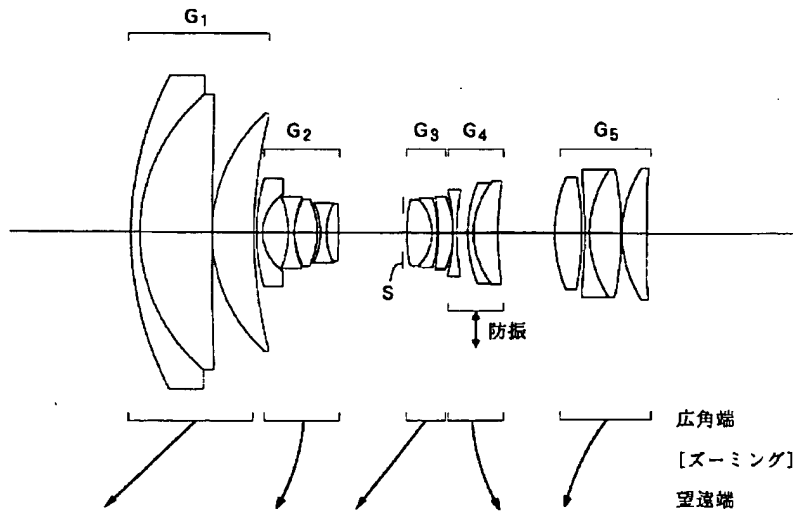
【図5】第2実施例の広角状態における諸収差図である。

【図6】第2実施例の望遠状態における諸収差図である。

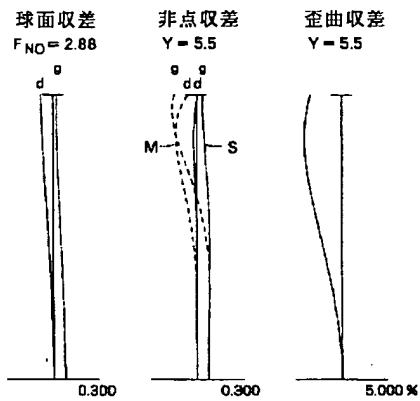
【符号の説明】

G_1 …第1レンズ群
 G_2 …第2レンズ群
 G_3 …第3レンズ群
 G_4 …第4レンズ群
 (防振レンズ群)
 G_5 …第5レンズ群
 S …開口絞り

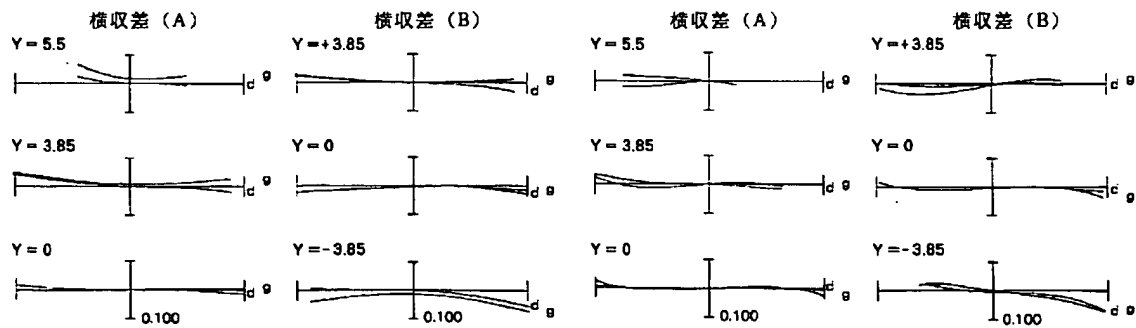
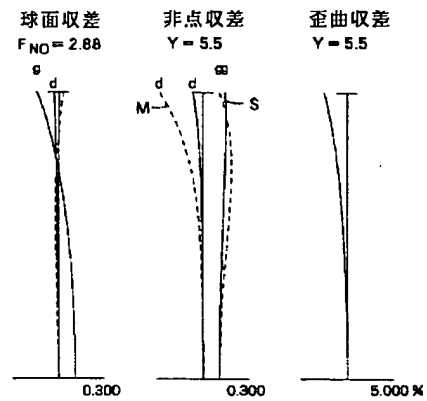
【図1】



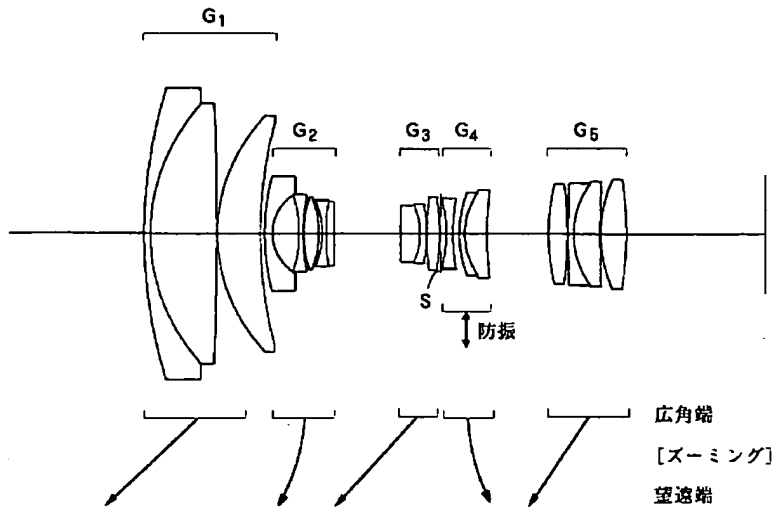
【図2】



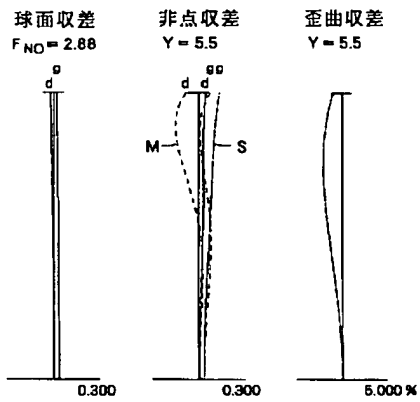
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

